

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of

Hui-Chi SU et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Filed: April 2, 2004

Group Art Unit: Not Yet Assigned

Examiner: Not Yet Assigned

For: **METHOD FOR ASSEMBLING CARBON NANOTUBES AND MICROPROBE
AND AN APPARATUS THEREOF**

CLAIM TO PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

Assistant Commissioner of Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

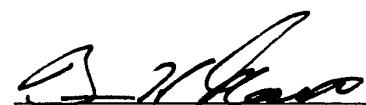
Sir:

Pursuant to the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55, Applicant claims the right of priority based upon **Taiwanese Application No. 093101013 filed January 14, 2004.**

A certified copy of Applicant's priority document is submitted herewith.

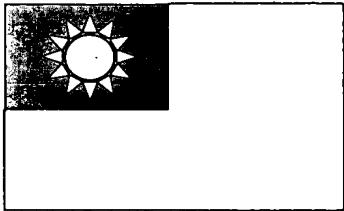
Respectfully submitted,

By:


Bruce H. Troxell
Reg. No. 26,592

TROXELL LAW OFFICE PLLC
5205 Leesburg Pike, Suite 1404
Falls Church, Virginia 22041
Telephone: (703) 575-2711
Telefax: (703) 575-2707

Date: April 2, 2004



中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2004 年 01 月 14 日
Application Date

申請案號：093101013
Application No.

申請人：財團法人工業技術研究院
Applicant(s)

局長

Director General

發文日期：西元 2004 年 3 月 17 日
Issue Date

發文字號：09320258550
Serial No.

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：

※ 申請日期：

※ I P C 分類：

壹、發明名稱：(中文/英文)

奈米碳管與探針接合之製作方法和結構

A Method For Assembling Carbon Nanotubes And
Micro-Probe And An Apparatus Thereof

貳、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)

財團法人工業技術研究院

INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

代表人：(中文/英文) 翁政義 / WENG CHENG I

住居所或營業所地址：(中文/英文)

新竹縣竹東鎮中興路4段195號

No. 195, Sec. Chung Hsing Rd. Chutung, Hsinchu, Taiwan R.O.C.

國籍：(中文/英文) 中華民國/TW

參、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文)

- 1.蘇慧琪／SU, HUI CHI
- 2.黃新鉗／HUANG, HSIN CHIEN
- 3.李裕文／LEE, YUH WEN
- 4.林韋至／LIN, WEI CHIN
- 5.張惠玲／CHANG, HUI LING

住居所地址：(中文/英文)

- 1.高雄市民權二路 587 號
- 2.新竹市光明新村 129 號
- 3.新竹縣竹東鎮三重一路 111 號 1 樓
- 4.台北縣三重市六張街 166 巷 11 號
- 5.新竹市新莊街 129 巷 2 弄 30 號

國 籍：(中文/英文) 中華民國/TW



肆、聲明事項：

本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。



伍、中文發明摘要：

一種奈米碳管與探針接合之製作方法，藉由電泳或介電泳原理，使奈米碳管可在電場驅使下自組接合於探針上。其包括下列步驟：製作一探針，並於該探針表面覆蓋一導電層；使該探針暴露於一含有分散奈米碳管的溶液環境中，於該溶液環境中並設有一電極；對該導電層及電極之間施加一預定電壓，使至少一奈米碳管朝向探針之尖端泳動並藉由凡得瓦耳力附著於其上。

陸、英文發明摘要：

The present invention discloses a method for assembling carbon nanotubes and micro-probe, which employs the Electrophoresis or Dielectrophoresis principles to drive the carbon nanotubes self-assembling the micro-probe under an electric field. The method comprises the steps of: forming at least one micro-probe, the micro-probe being covered by a conductive layer; exposing the micro-probe to a solution having carbon nanotubes spreading therein, the solution being furnished with an electrode; applying a predetermined voltage between the conductive layer and the electrode, making at least one carbon nanotube to move and attach onto the top of the micro-probe.

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（圖一）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

11 基底	12 探針
121 尖端	13 導電層
131 尖端處導電層	14 非導電物質層
20 溶液環境	21 奈米碳管
31 電極	41、42 導電膠
43、44 連接線	45 直流電源
46 超音波裝置	

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種奈米碳管與探針接合之製作方法和結構，尤其是指一種藉由電泳或介電泳原理，使奈米碳管可受電場驅使而自組接合於探針上之方法及結構。

【先前技術】

奈米碳管（Carbon Nanotubes）是由碳原子所組成的一種單層或多層壁之管狀結構，管徑約為數奈米，長度可達數微米。由於奈米碳管的特殊結構與特性，使其具備良好的機械特性、高深寬比、曲饒性等優勢，而可廣泛應用在光電元件、電子元件、生化醫療、能源材料...等各種不同領域。此外，更可利用奈米碳管細長金屬與半導電特性及曲饒性之優點，更可應用於奈米級微探針或微電極。但是，由於奈米碳管為奈米級之尺寸，當奈米碳管欲與一探針接合時，將因奈米碳管之尺寸太小而不易處理。

當欲進行奈米碳管與探針接合之製程時，目前習知之技術都是採用配合觸媒之塗佈及化學氣相沉積法進行，使奈米碳管沿著沾有觸媒的地方成長，例如：電漿強化化學氣相沉積法、常溫化學氣相沉積法、電弧放電等。但是，上述之製程條件需要真空環境(50~400Torr)或在高溫下進行，即便是低溫製程也要 450~500°C，且低溫製程僅限於 MWNTs，對於 SWNTs 仍需要 1000~1200°C 高溫製程。此類習用技術對於大尺寸與低溫平台材料上沉積奈米碳管均

有很大的限制。此外，由於觸媒通常是由鐵、鎳、鈷等金屬研磨至奈米等級，不僅價格昂貴，且在沉積碳管的過程中，常附帶產生不純物，如結晶或非結晶性的碳化物及未反應完之催化劑等，因此會增加純化之額外製程，且技術亦相對較困難。有鑑於習知之採用配合觸媒之塗佈及化學沉積法之缺失及限制，因此本發明其係提供一種奈米碳管與探針自組裝接合技術，以克服奈米尺寸之材料與巨觀元件接合所面臨之困難。

【發明內容】

本發明之主要目的係提供一種奈米碳管與探針接合之製作方法，可在常溫常壓下進行奈米碳管與探針接合製程。

本發明之另一目的係提供一種奈米碳管與探針自組接合之製作方法，藉由電泳或介電泳原理，使奈米碳管可在高壓電場驅使下自組接合於探針尖端之上。

本發明之再一目的係提供一種奈米碳管與探針接合之結構，其奈米碳管係平行於電場方向排列並附著於探針尖端之上。

本發明之更一目的係提供一種奈米碳管與探針接合之系統架構，可進行使奈米碳管受高壓電場驅使而自組接合於探針尖端的製程。

為達上述之目的，本發明之製作方法，至少包含下列步驟：形成一微米探針，於探針表面並覆蓋有一導電層；使該探針暴露於一含有分散奈米碳管之溶液環境中，於該

溶液環境中並設有一電極；並對該導電層及電極之間施加一預定電壓，使至少一奈米碳管因電泳效應或是介電泳效應而朝向探針之尖端泳動、並藉由凡得瓦耳力附著於其上。

為使 貴審查委員能對本發明之特徵、目的及功能有更進一步的認知與瞭解，茲配合圖式詳細說明如後：

【實施方式】

本發明之奈米碳管與探針接合之製作方法係使用簡單之電泳或介電泳技術。在常溫常壓的狀態下，即可以進行奈米碳管與微米探針的接合，且製程技術及製程條件均相對簡單，以下將舉若干實施例詳細說明本發明之技術特徵及功效。

請參閱圖一，為本發明藉由電泳（或介電泳）原理來進行奈米碳管與探針自組裝接合之系統架構與方法示意圖。

如圖一所示，該方法主要是先提供一矽材質之基底 11，於基底 11 上並藉由半導體製程而製作至少一微米探針 12（圖中係以四隻探針 12 為例）。於基底 11 及探針 12 表面覆蓋有一導電層 13，例如金、銅、鋁或其他金屬或合金等，其可藉由電鍍或是薄膜沈積方式形成為較佳。於導電層 13 上更覆蓋有一非導電物質層 14 以作為遮蔽層，於本較佳實施例中係以光阻作為非導電物質層 14 但亦可選用其他非導電材質。該非導電物質層 14 係覆蓋於導電層 13 上預定區域處，並使探針 12 尖端 121 處之導電層 131 不被非

導電物質層 14 所覆蓋而係暴露於外界。

該基底 11 連同其上之探針 12、導電層 13 及非導電物質層 14 一起被置入一溶液環境 20 中，例如置入一反應槽等。於該溶液環境 20 中分散有懸浮之多數奈米碳管 21。於溶液環境 20 中與基底 11 相隔一預定距離處並設置有另一電極 31。藉由導電膠 41、42 與連接線 43、44 將基底 11 上之導電層 13 與電極 31 分別連接到一直流電源 45 的正負兩極。該直流電源 45 可在導電層 13 與電極 31 之間提供一預定強度的直流電壓。由於導電層 13 僅有探針 12 尖端 121 處係暴露於溶液環境 20 中、其暴露於溶液環境 20 之表面積遠小於電極 31。所以，在靠近探針 12 尖端 121 處將會有電場集中強化之效應。在此情形之下，溶液環境 20 中之多數奈米碳管 21 將會因為電泳效應或是介電泳效應而朝向探針 12 尖端 121 處泳動，並在探針 12 尖端 121 時會被電場所導引而使奈米碳管 21 的長度方向與探針 12 延伸方向呈現平行於電場整齊排列，並進一步藉由凡得瓦耳力而附著固定於探針 12 尖端 121。

於一較佳實施例中，該溶液環境 20 係包括有陰離子界面活性劑，例如十二烷基硫酸鈉(substantially decreased, SDS)、或是其他種類之界面活性劑等，其可在原本不帶電荷之奈米碳管 21 表面附著一層負電荷。並且，該導電層 13 係為連接直流電源 45 的正極、而電極 31 則是連接直流電源 45 之負極（如圖一所示）。如此一來，帶著負電荷之奈米碳管 21 將會受到電場影響而朝向相反電性(也就是正極)

之探針 12 尖端 121 泳動，最後則因凡得瓦耳力而附著固定於探針 12 尖端 121。這種現象便稱作電泳 (Electrophoresis, EP)。於此電泳技術中，奈米碳管 21 的泳動率將取決於其分子量，而與原來分子所帶的電荷無關。

而在另一較佳實施例中，該溶液環境 20 為不帶電之溶劑，例如異丙醇或其他有機溶劑等。由於奈米碳管 21 本身亦不帶電荷，所以不會主動朝某一電極泳動。然而，由於導電層 13 僅有在探針 12 尖端 121 處係暴露於溶液環境 20 中、其暴露於溶液環境 20 之表面積遠小於電極 31。所以，在靠近探針 12 尖端 121 處將會有電場集中強化之效應並產生不一致的電場強度。在其影響下，未帶電之奈米碳管 21 由於極化之誘導，造成側向移動。其原理是在電場影響下，誘發粒子表面受到極化的效應，而產生一耦極距。如此，即使異丙醇與奈米碳管 21 兩者都不帶電荷，也將因不一致之電場環境而仍將奈米碳管 21 引導朝向電場流密度大之探針 12 尖端 121 泳動，最後則因凡得瓦耳力而附著固定於探針 12 尖端 121。這種現象便稱作介電泳動 (Dielectrophoresis)。

於本較佳實施例中，更可設置包括一超音波裝置 46，其可對該溶液環境 20 提供超音波震盪，不僅避免溶液環境 20 中之複數個奈米碳管 21 凝聚成團、也可使奈米碳管 21 均勻分散懸浮於溶液環境 20 中。

請參閱圖二A至圖二E所示，為如圖一所示之該含有探針 12 之基底 11 的製程步驟的較佳實施例，其包括有下列步

驟：

首先，如圖二A所示，於矽材質之基底51上（例如矽晶圓）依序形成一氮化矽層52及一阻障層53（例如光阻）。利用黃光微影蝕刻等半導體製程技術於該阻障層53預定位置處開設有若干開口531，而使開口531部分之氮化矽層52可暴露於外界。

接著，如圖二B所示，對如圖二A所示之裝置進行反應性離子蝕刻機（RIE）蝕刻，並利用基底51作為蝕刻終點，使開口531部分之氮化矽層52因蝕刻而遭侵蝕，之後再去除阻障層53，而在基底上留下若干柱狀之氮化矽柱521。

然後，如圖二C所示，對氮化矽柱521進行非等向性濕蝕刻，而於基底51上形成若干氮化矽材質之圓錐狀探針522結構。

再來，如圖二D所示，藉由電鍍、濺鍍、物理氣相沈積、化學氣相沈積、或是其他方式在基底51及探針522上形成一金屬導電層54，例如金、銅、鋁、鎳或其他金屬或合金等。於本較佳實施例中，該導電層54係廣泛覆蓋整個基底51與探針522。然而，於其他實施例中，該導電層54至少需覆蓋有探針522之尖端。

最後，如圖二E所示，形成一非導電物質層55復蓋於導電層54上之預定區域處而僅暴露出探針522尖端處之導電層541。於本實施例中，該非導電物質55可為光阻或其他不導電薄膜或高分子材料等。其先將光阻廣泛覆蓋於整個導

電層54上後、再藉由反應性離子蝕刻掉預定厚度的光阻，而使除了探針522尖端處之外的其他部分導電層54均被非導電物質55所遮蔽。如此，便完成圖一所示之具有探針之基板結構的製作。

值得一提的是，於圖二A至圖二E所示之本發明之該含有探針12之基底11的製程步驟的實施例中，雖然是以氮化矽（ SiN_4 ）作為製作微米探針的材料，然而，吾人亦可選用其他氮化矽、氧化矽、金屬、或高分子聚合物等來在基底上形成探針者。

如上述之電泳系統/介電泳系統係可在常溫常壓下進行奈米碳管與探針接合之製作，可以避免習知技術需要在高溫高壓下進行奈米碳管與探針接合之缺失。並且，本發明於申請前從未曾見於任何刊物及公開場合中，確實具有新穎性及高度進步性。

唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例，當不能以之限制本發明的範圍。即大凡依本發明申請專利範圍所做之均等變化及修飾，仍將不失本發明之要義所在，亦不脫離本發明之精神和範圍，故都應視為本發明的進一步實施狀況。

【圖式簡單說明】

圖一為本發明藉由電泳（或介電泳）原理來進行奈米碳管與探針自組裝接合之系統架構與方法示意圖。

圖二A至圖二E係為本發明之具有探針之基底的製程步驟

流程圖。

圖示之圖號說明：

- | | |
|------------|-----------|
| 11 基底 | 12 探針 |
| 121 尖端 | 13 導電層 |
| 131 尖端處導電層 | 14 非導電物質層 |
| 20 溶液環境 | 21 奈米碳管 |
| 31 電極 | 41、42 導電膠 |
| 43、44 連接線 | 45 直流電源 |
| 46 超音波裝置 | 51 基底 |
| 52 氮化矽層 | 521 氮化矽柱 |
| 522 探針 | 53 阻障層 |
| 531 開口 | 54 導電層 |
| 55 非導電物質 | |

拾、申請專利範圍：

1. 一種奈米碳管與探針接合之製作方法，包括下列步驟：
於一基底形成至少一探針，於該探針表面並覆蓋有一導電層；
使該探針之一尖端處的導電層接觸並暴露於一含有分散奈米碳管之溶液環境中，於該溶液環境中並另設有一電極；以及
對該導電層及電極之間施加一預定電壓，使至少一奈米碳管朝向探針之尖端泳動並附著於其上。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，該電極暴露於溶液環境之面積係大於探針尖端暴露於溶液環境之面積。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，更包括有一對該溶液環境提供超音波震盪之步驟，以避免溶液環境中之複數個奈米碳管凝聚成團。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，導電層係覆蓋於整個探針表面，並且，更包括有一遮蔽步驟，其係將非導電物質覆蓋於導電層上而僅露出探針尖端處之導電層，使除了探針尖端處之外的其他部分導電層均被非導電物質所遮蔽。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，該基底的材質係為矽。
6. 如申請專利範圍第 5 項所述之奈米碳管與探針接合之製

作方法，其中，於基底形成探針的方法係採用半導體製程技術。

7.如申請專利範圍第 6 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，於基底形成探針的方法包括有下列步驟：於基底上依序形成一氮化矽層及一阻障層，於該阻障層預定位置處並開設有若干開口，使開口部分之氮化矽層可暴露於外界；

進行蝕刻，使開口部分之氮化矽層因蝕刻而遭侵蝕，之後再去除阻障層；

對氮化矽進行非等向性蝕刻，而於基底上形成至少一氮化矽材質之探針結構；

於基底上形成一導電層，該導電層至少覆蓋有探針之尖端；以及，

形成一非導電物質層覆蓋於導電層上之預定區域處而僅暴露出探針尖端處之導電層，使除了探針尖端處之外的其他部分導電層均被非導電物質所遮蔽。

8.如申請專利範圍第 7 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，該非導電物質為光阻。

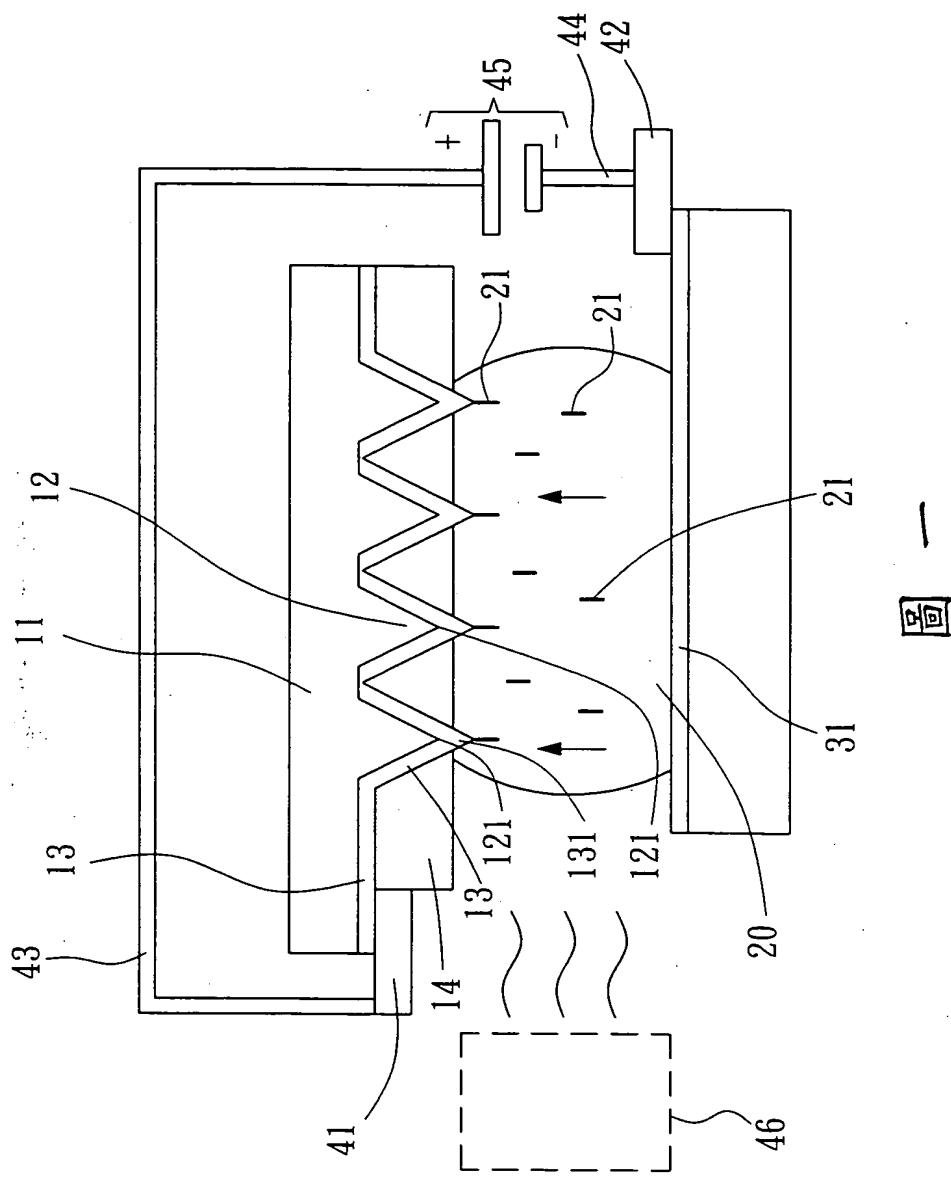
9.如申請專利範圍第 1 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，該溶液環境係包括有陰離子界面活性劑，其可在奈米碳管表面附著一層負電荷，並且，該導電層係為所施加預定電壓的正極。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之奈米碳管與探針接合之製作方法，其中，該溶液環境係包括有異丙醇。

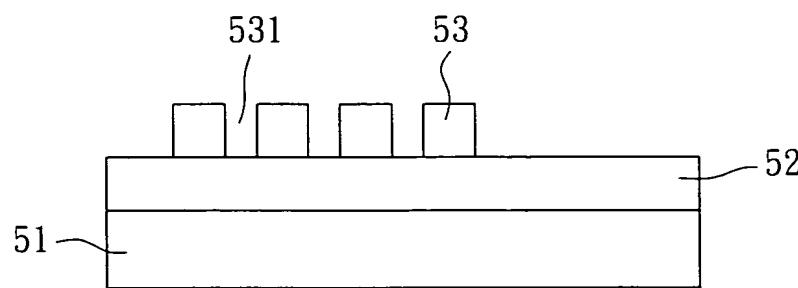
11. 一種奈米碳管與探針接合之結構，包括有：
 - 一基底，於基底上並形成有至少一探針；
 - 一導電層，至少覆蓋於探針之一尖端；以及，
 - 至少一奈米碳管，附著於探針尖端上，且奈米碳管係平行於探針之延伸方向。
12. 如申請專利範圍第 11 項所述之奈米碳管與探針接合之結構，其中，該基底材質係為矽。
13. 如申請專利範圍第 11 項所述之奈米碳管與探針接合之結構，其中，探針材質係為氮化矽。
14. 如申請專利範圍第 11 項所述之奈米碳管與探針接合之結構，其中，於導電層上預定區域處更覆蓋有一非導電物質層，且探針尖端處之導電層並不被非導電物質層所覆蓋而係暴露於外界。
15. 如申請專利範圍第 14 項所述之奈米碳管與探針接合之結構，其中，該非導電物質為光阻。
16. 如申請專利範圍第 11 項所述之可將奈米碳管與探針接合之系統架構，其中，奈米碳管係藉由凡得瓦耳力附著於探針尖端。
17. 一種可將奈米碳管與探針接合之系統架構，包括有：
 - 一溶液環境，於該溶液環境中具有分散懸浮之複數個奈米碳管；
 - 一電極，置於溶液環境中；
 - 至少一探針，置於溶液環境中，並且，至少於該探針之一尖端部分係覆蓋有一導電層；以及

一直流電源，連接於導電層與電極，可對導電層與電極之間施加一預定電壓，並促使分散懸浮於溶液環境中之複數個奈米碳管朝向探針尖端處之導電層泳動並附著於其上。

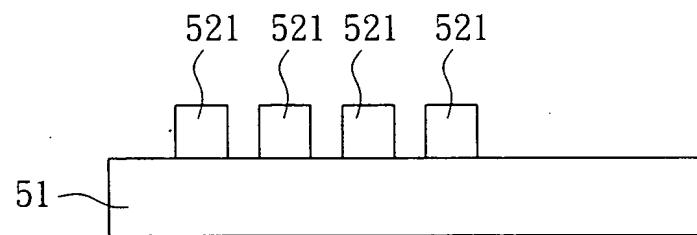
- 18.如申請專利範圍第 17 項所述之可將奈米碳管與探針接合之系統架構，其中，該探針係形成於一基板上，導電層係廣泛覆蓋於基板及探針表面，且於導電層上預定區域處更覆蓋有一非導電物質層，且探針尖端處之導電層並不被非導電物質層所覆蓋而係暴露於外界。
- 19.如申請專利範圍第 17 項所述之可將奈米碳管與探針接合之系統架構，其中，更包括有一超音波裝置，使其可對該溶液環境提供超音波震盪以避免溶液環境中之複數個奈米碳管凝聚成團。
- 20.如申請專利範圍第 17 項所述之可將奈米碳管與探針接合之系統架構，其中，該溶液環境係包括有陰離子界面活性劑，其可在奈米碳管表面附著一層負電荷，並且，該導電層係為連接直流電源的正極。
- 21.如申請專利範圍第 17 項所述之可將奈米碳管與探針接合之系統架構，其中，該溶液環境係包括有異丙醇。



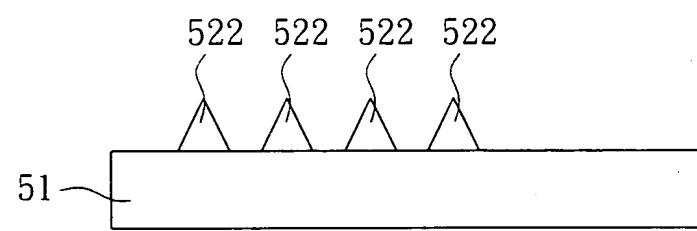
圖一



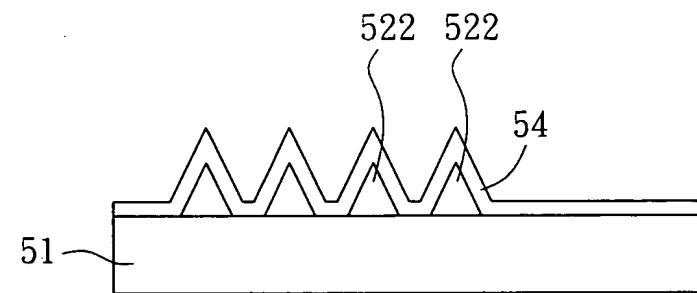
圖二A



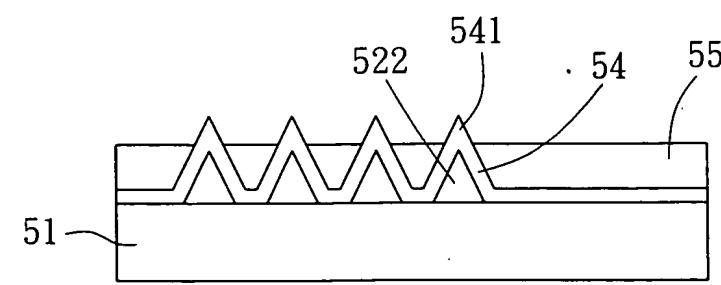
圖二B



圖二C



圖二D



圖二E